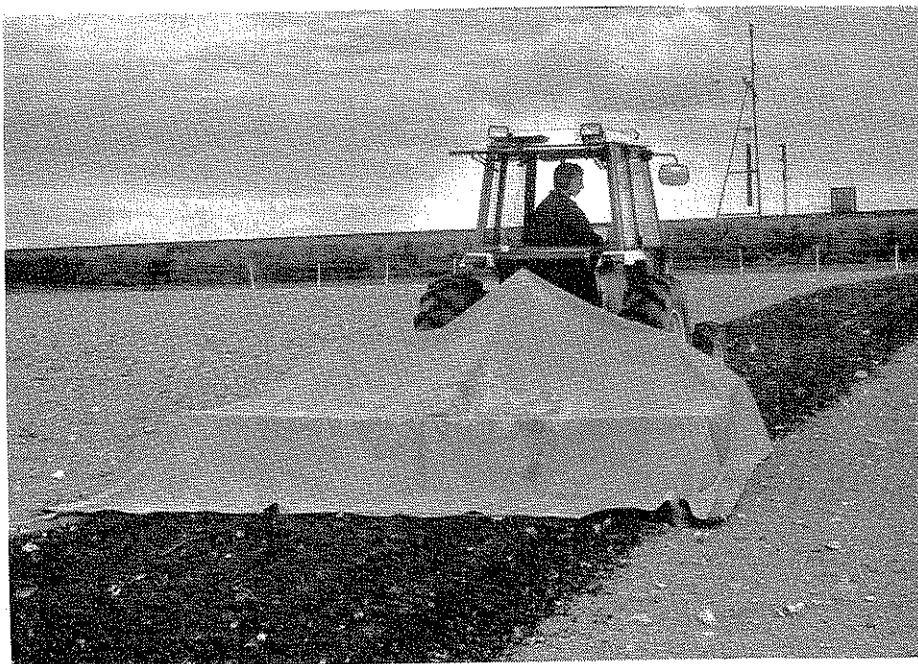


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

# **JORDBEARBETNING I MÖRKER - inverkan av harvning med ljusstät övertäckning på ogräsuppkomsten**

**SOIL CULTIVATION IN DARKNESS - effect of harrowing  
with light-proof covers on weed emergence**

**Desirée Börjesdotter**



---

**Institutionen för lantbruksteknik  
Avd för park- och trädgårdsteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Agricultural Engineering**

**Rapport 185  
Report**

**Alnarp 1994  
ISSN 00283-0086  
ISRN SLU-LT-R-185-SE**

---

DOKUMENTDATABLAD för rapportering till SLU:s lantbruksdatabas LANTDOK,  
Svensk lantbruksbibliografi och AGRIS (FAO:s lantbruksdatabas)

Institution/motsvarande		Dokumenttyp	
Institutionen för lantbruksteknik		Rapport	
		Utgivningsår	Målgrupp
		1994	F, R, P
Författare/upphov			
Börjesdotter, D.			
Dokumentets titel			
Jordbearbetning i mörker - inverkan av harvning med ljustät övertäckning på ogräsuppkomst			
Soil cultivation in darkness - effect of harrowing with light-proof covers on weed emergence			
Amnesord (svenska och /eller engelska)			
mörkerharvning, miljövänlig, ogräsbekämpning, frö, groningen, fytokrom, ljus			
photocontrol, cultural weed control, seed, germination, phytochrome, light			
Projektnamn (endast SLU-projekt)			
Serie-/tidskriftstitel och volym/nr			ISBN/ISRN
Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 185			SLU-LT-R-185-SE
			ISSN
			00283-0086
Språk	Smf-språk	Omfång	Antal ref.
Svenska	svenska, engelska	27 sidor	22 st

Postadress

Besöksadress

Telefonnummer

Telefax

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Utlunabiblioteket, Förrävsavdelningen/LANTDOK  
Box 7071  
S- 750 07 UPPSALA  
Sweden

Centrala Utluna 22  
Uppsala

018-67 10 00 vx  
018-671103

018-3010 06

## FÖRORD

### Handledarens förord

Denna rapport utgör redovisning av ett examensarbete för Desirée Börjesdotter på hortonomlinjens tekniska inriktning vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Undersökningen ingår som en del i institutionens forskningsprogram om icke-kemisk ogräsbekämpning, med syfte att finna rationella metoder för att minska eller utesluta den kemiska ogräsbekämpningen.

Institutionen har sedan 1991 arbetat med jordbearbetning i mörker. Denna liksom tidigare undersökningar inom området har utförts som enkla försök på jord utan gröda. Av resursskäl har vi hittills tyvärr inte kunnat genomföra några mer omfattande undersökningar.

Metoden med jordbearbetning och sådd i mörker kan bli en viktig del i en integrerad strategi mot ogräs. Utländska försök har visat att uppkomsten av ogräs kan minska så mycket efter jordbearbetning och sådd på natten att man i stråsädesodling kommer under bekämpningströskeln och att det därigenom inte är ekonomiskt motiverat att bekämpa ogräsen. Vår institution har tidigare visat att uppkomsten av ogräs minskar även efter jordbearbetning på dagen med ljustät övertäckning på redskapet. Möjligheterna öppnar sig därigenom att tillämpa metoden på större arealer än om arbetet begränsas till nattens mörka timmar. Det krävs dock fortsatt utveckling av teknik och metoder innan metoden kan rekommenderas mer allmänt i jordbruket.

Från institutionens sida vill jag särskilt tacka civ. ing. Göran Nilsson och civ. ing. Stellan Trappe vid Avd. för hortikulturell byggnads och klimatteknik vid Inst. för Jordbrukets Biosystem och Teknologi, Alnarp för hjälp med ljusmätningar. Slutligen vill jag också tacka Desirée Börjesdotter för hennes insats i dessa inledande undersökningar av jordbearbetning i mörker.

Institutionen för lantbruksteknik,  
Alnarp i april 1994

Johan Ascard

## **Författarens förord**

Denna rapport behandlar ljusets inverkan på ogräsfröns groning och den hämmande effekt som jordbearbetning i mörker kan ha på ogräsens uppkomst. Rapporten riktar sig till både rådgivare, forskare och andra intresserade av miljövänliga metoder för att minska ogräsförekomsten. Arbetet är utfört vid Institutionen för lantbruksteknik SLU, Alnarp.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare, hortonom Johan Ascard, som med goda råd och stöd hjälpt mig under arbetets gång. Professor Nils Möller har varit min examinator. Jag vill också tacka försöksledare Sven-Axel Svensson vid Inst. för lantbruksteknik, Alnarp, försöksledare Göran Nilsson och civ. ing. Stellan Trappe vid Avd. för hortikulturell byggnads och klimatteknik vid Inst. för Jordbrukets Biosystem och Teknologi SLU, Alnarp för hjälp med ljusmätningar. Försökstekniker Anders Englund vid försökstationen Lönnstorp har välvilligt tillhandahållit traktorer och harv. Till sist, ett stort tack till hort. stud. Annica Elf som hjälpt mig med arbetet i fält.

Alnarp i april 1994

Desirée Börjesdotter

SAMMANFATTNING .....	1
SUMMARY .....	3
INLEDNING.....	5
LITTERATURSTUDIE.....	6
Ljus.....	6
Tidigare erfarenheter av jordbearbetning i mörker .....	8
MATERIAL OCH METODER.....	11
Försök 1.....	11
Försök 2.....	13
Statistiska analyser.....	15
Ljussmätningssutrustning.....	15
RESULTAT.....	17
Försök 1.....	17
Försök 2.....	18
DISKUSSION.....	22
Försök 1.....	22
Försök 2.....	22
SLUTSATSER.....	24
Egna försök.....	24
Mörkrött ljus.....	24
Framtida tillämpningar .....	24
REFERENSER.....	26

## SAMMANFATTNING

Flera fältförsök, både i Sverige och utomlands, har under de senaste åren visat att jordbearbetning och sådd på natten minskar uppkomsten av ogräs så att bekämpningsbehovet kan minska. Tidigare försök vid SLU i Alnarp har visat att ogräsförekomsten minskar även vid jordbearbetning på dagen med ljustät övertäckning av harven.

Litteraturstudien består av två delar. Syftet med den ena var att undersöka möjligheten att förstärka den groningshämmande effekten av jordbearbetning i mörker med mörkrött ljus. Den andra delen av litteraturstudien syftar till att ge en bakgrund till fältförsöken. Den innehåller ett avsnitt om ljusets inverkan på frögroningen samt tidigare erfarenheter av jordbearbetning i mörker.

Genom litteraturstudier och egna beräkningar undersöktes om ökad andel mörkrött ljus (ca 735 nm) under övertäckningen jämfört med groningsstimulerande rött ljus (ca 665 nm) kan minska uppkomsten av ogräs i fält. Värden på den nivå mörkrött ljus som krävs för att hindra redan groningsstimulerade frö från att gro anges i litteraturen med stor spridning bl a med hänsyn till fröslag och groningsnivå. Vid harvning utsätts fröna för mörkrött ljus under mycket kort tid. Den lampeffekt som skulle krävas under övertäckningen blir därmed mycket hög troligen ca 70 kW m<sup>2</sup> eller mer. Slutsatsen blir att det med dagens teknik är svårt, om inte omöjligt, att hindra ljusstimulerade frön att gro i fält med tillförsel av mörkrött ljus under jordbearbetning.

Syftet med fältförsöken var att studera hur ljuset påverkar ogräsförekomsten genom att utföra jordbearbetningen vid olika tidpunkter på dygnet med och utan övertäckning av harven. Jag avsåg även att undersöka om en mindre ljustät övertäckning, än den som Ascard & Holmqvist (1993) använde, kunde ge tillfredsställande ogräshämmande verkan.

Två fältförsök utfördes under hösten 1993 på fält i Alnarp (55°39'N, 13°05'Ö). Jordbearbetningen gjordes med och utan övertäckning på dagen och vid skymning samt med övertäckning ca en timme efter solnedgång. Varje parcell harvades två gånger omedelbart efter varandra för att motsvara normal såbäddsberedning. Ingen gröda såddes av ekonomiska skäl.

I det första försöket användes en enklare övertäckning av harven bestående av en presenning som hängdes på en ram över redskapet. I det andra försöket användes en omsorgsfullt utförd övertäckning av svart fiberduk, samma som Ascard & Holmqvist (1993) använde.

Mätningar av ljusnivån under övertäckningen gjordes före varje behandling. Omgivningens ljusinstrålning mättes kontinuerligt från första till sista behandlingstidpunkt.

I det första försöket räknades ogräsen endast en gång, två månader efter behandling, eftersom ogräsförekomsten var låg. I det andra försöket räknades ogräsen både en och två månader efter behandlingen. Andra gången artbestämdes ogräsen.

I båda försöken förekom störst antal ogräs efter jordbearbetningen på dagen utan övertäckning. Jordbearbetning dagtid med övertäckta redskap gav 23% minskad ogräsuppkomst i försöket med presenning respektive 8 % i försöket med fiberduk jämfört med bearbetning på dagen utan övertäckning. Skillnaderna var dock inte signifikanta. Uppkomsten av ogräs var i båda försöken lägre efter harvning i skymning utan övertäckning jämfört med harvning i skymning med övertäckning. Skillnaderna var inte signifikanta och troligen beror de på att omgivningens instrålning var högre vid harvningen utan övertäckning eftersom den utfördes tidigare än den med övertäckning.

I försöket med presenning fanns inga signifikanta skillnader av ogräsuppkomsten mellan de olika behandlingarna men de tre harvningarna med övertäckning gav samtliga något lägre uppkomst av ogräs jämfört med harvningen på dagen utan övertäckning.

I försöket med svart fiberduk som övertäckning gav harvning på natten signifikant lägre uppkomst av ogräs än harvning på dagen utan övertäckning, både en och två månader efter behandling. Vid första avläsningen var minskningen 25% och vid andra 20%.

Den relativt låga minskningen av ogräsuppkomsten vid jordbearbetning i mörker i dessa försök kan eventuellt förklaras med att behandlingarna gjordes på hösten. I försöket med fiberduk fanns dock ett samband mellan minskad ogräsuppkomst och lägre ljusnivå. För att göra detta samband tydligare krävs ljusmätningssutrustning med lägre detektionsnivå.

## SUMMARY

Field experiments in Sweden and abroad during the last few years have shown that soil-disturbing operations such as seedbed preparation and sowing when carried out at night, reduced the subsequent emergence of weed seedlings, compared with the emergence after the same tillage operations in daylight. Earlier experiments at the Swedish University of Agricultural Sciences in Alnarp have shown that the number of weeds per m<sup>2</sup> also decreases after cultivation in the daytime with a light-proof cover at the harrow.

In the literary survey the possibility of amplifying the inhibiting effect on germination with an extra amount of dark red light (circa 735 nm) under the cover was investigated. The literary survey also contains one part about the effect of light on germination and one part about previous experiments of soil cultivation in darkness.

The amount of dark red light required to reach an inhibiting effect is given in the literature with a great spectrum. During cultivation the seeds are exposed to the dark red light for only a short period of time. The lamp effect required under the cover will therefore be considerable, maybe as high as 70 kW m<sup>-2</sup>. The conclusion is that with today's methods it will be hard, if not impossible, to obtain this high effect. Thus it is probably impossible to obtain an inhibiting effect on light-stimulated seeds with an extra amount of dark red light during cultivation.

The purpose of the field experiments was to observe how light influences the weed emergence by carrying out the soil disturbance on different occasions, with and without a light-proof cover on the cultivator. I also wanted to study if a less light-proof cover than the one used by Ascard & Holmqvist (1993) could give a satisfactory effect and reduce weed emergence.

Two field experiments were carried out on crop-free soil near Alnarp (55°39'N, 13°05'E) in the autumn of 1993. The harrowing was with and without a cover during the day and in twilight and with a cover approximately one hour after sunset. The experimental harrowings were carried out twice in each plot immediately after each other so as to correspond to a normal seed bed preparation. For economical reasons no crop was sown in the experiments.

In the first experiment a simple cover made of tarpaulin was hung over the implement. In the second experiment the cover was elaborately made of two layers of black fibre mat, the same as in Ascard & Holmqvist (1994)

Light measurements were made under the cover before every treatment. The insolation was measured continuously from the first to the last treatment.

In the first experiment all weeds that emerged after the experimental cultivation two months before were recorded. In the second experiment the emerged weeds were recorded both one and two months after cultivation. In the later the weed species also were determined.



In both experiments most weeds appeared after soil disturbance during the daytime without cover. Harrowing in the daytime with cover of tarpaulin gave a reduction of emerged weeds with 23% and with a cover of black fibre mat the reduction was 8% compared with cultivation in the daytime without a cover. The differences were not significant. Harrowing in twilight without a cover decreased the emergence of weeds in both of the field experiments compared with cultivation in twilight without cover. The differences were not significant and they were probably the result of a higher level of light when the cultivations were carried out without a cover while it was performed before the one with cover.

In the experiments with a tarpaulin there were no significant differences of the weed emergence between the different treatments. Although all tree cultivations with a cover showed a lowered emergence of weeds compared with the harrowing in the daytime without a cover.

In the experiment with black fibre mat harrowing at night decreased the emergence of weeds significantly compared with harrowing during the daytime without a cover, both one and two months after treatment. After one month the reduction was 25% and after two it was 20%.

The relatively small reduction of weeds in my experiments can possibly be explained by the fact that the treatment was carried out in the autumn. In the experiment with the black fibre mat there was a connection between a reduced number of weeds and a low level of light. To make this connection more clear a light measuring equipment with higher sensitivity than the one used in this experiment is needed.

In the literary survey and through my own calculations I studied whether an increased amount of germination-inhibiting dark red radiation (circa 735 nm) under the cover compared with germination-stimulating red radiation (circa 665 nm) could reduce the emerged number of weeds.

## INLEDNING

Det är känt sedan länge att groningen för flera ogräs är ljusberoende. Sedan 60-talet har man också känt till att ljusimpulser i samband med bearbetning av jord ökar uppkomsten av ogräs (Sauer & Struik, 1964; Wesson & Wareing, 1969). Det var emellertid första gången det visade sig ha någon praktisk betydelse i jordbruket då Hartmann & Nezadal (1990) publicerade sina resultat. Försöken visade att förekomsten av flera småfröiga ogräs minskade kraftigt där jordbearbetningen gjordes på natten, jämfört med om behandlingen utfördes i dagsljus. I Danmark, Sverige och Norge har liknande resultat uppnåtts med minskningar i ogräsuppkomsten på 15-40 % (Jensen, 1991; 1992; Ascard, 1992; Andersen, 1992). Flera undersökningar har visat att uppkomsten av ogräs inte bara minskar utan även fördröjs vid jordbearbetning i mörker (Andersen, 1992; Freiburghaus & Häni, 1993; Jensen, 1991; 1992; Kühbauch *et al.*, 1992). En fördröjd uppkomst av ogräset ökar kulturväxtens konkurrensmöjlighet, vilket kan leda till minskat behandlingsbehov. Flera försök i Tyskland och USA (Kühbauch *et al.*, 1992; Gerhards, 1993) har visat att uppkomsten av ogräs kan minska så mycket (ca 60 %) att man kommer under bekämpningströskeln, dvs bekämpningen är ej ekonomiskt motiverad längre.

Det är ytterst viktigt att det är tillräckligt mörkt vid jordbearbetningen. Enligt Hartmann & Nezadal (1990) fås bäst resultat om jordbearbetningen utförs på natten, mellan en timme efter solnedgång och en timme före soluppgång, vilket innebär arbetsmässiga begränsningar. En liten ljusmängd på arbetsredskapet, t ex ljus från traktorn, gatubelysning eller trafik kan, enligt Hartmann & Nezadal, vara tillräckligt för att ljusstimulera groningen hos fröogräs. Dessutom är det svårt att utföra harvning och sådd på natten utan infraröd-nattglasögon. Därför är det intressant att veta om man kan uppnå motsvarande ogräsminskning genom att harva och så på dagen med ljustät övertäckning på redskapen. I fältförsök på Alnarp minskade uppkomsten då dagsljuset utestängdes vid jordbearbetning med en ljustät kåpa över harven (Ascard & Holmqvist, 1993; Ascard, 1994).

Inom växtfysiologin har Bewley & Black (1982) visat att det är möjligt att med mörkrött ljus (ca 735nm) hämma groningen hos ogräsfrön som ljusstimulerats av rött ljus. Utifrån denna kunskap föreslog E. Tillberg (Professor, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, pers. medd., 1992) att i fält försöka använda lampor med mörkrött ljus under en ljustät övertäckning på harven. Därigenom skulle man kunna öka den vid harvningen naturligt förekommande andelen mörkrött ljus i förhållande till andelen gröningsstimulerande rött ljus.

I denna rapport undersöktes genom litteraturstudier möjligheten att förstärka den gröningshämmande effekten av jordbearbetning i mörker med mörkrött ljus. Litteraturstudien omfattar även ett avsnitt om ljusets inverkan på frögroningen samt tidigare erfarenheter av jordbearbetning i mörker.

Eftersom projektet utfördes utan särskilda forskningsanslag gjordes fältförsöken av ekonomiska skäl endast som en såbäddsberedning utan att någon gröda såddes. Syftet med fältförsöken var att studera hur ljuset påverkar ogräsförekomsten genom att utföra jordbearbetning vid olika tidpunkter på dygnet med och utan övertäckning av harven. Jag avsåg även att undersöka om en enklare övertäckning med vanlig presenning, dvs mindre ljustät än den som användes av Ascard & Holmqvist (1993) kunde ge tillfredställande ogräshämmande verkan. Av utrymmesskäl kunde harven med presenning endast användas i det ena av de två försöken.

## LITTERATURSTUDIE

### Ljus

Ljus är en form av elektromagnetisk strålning. Det elektromagnetiska spektrat sträcker sig från korta våglängder, ultraviolett ljus, till långa radiovågor, infrarött ljus. Synligt ljus (380-750 nm) är det våglängdsområde som kan detekteras av det mänskliga ögat. Planck upptäckte att strålning förflyttar sig i energipaket, vilka han kallade kvanta. Senare tillämpade Einstein denna teori även på ljus och kallade energin i ett ljuskvantum för en foton (Kendrick & Frankland, 1976).

Ljus är energikällan för växternas fotosyntes och det reglerar många faktorer i plantans tillväxt, t ex plantans sträckning. Även andra direkta utvecklingsprocesser, som frögroning och blomning kontrolleras till stor del av ljuset (Kendrick & Frankland, 1976).

På 50-talet upptäcktes existensen av ett ljusabsorberande pigmentsystem, fytokrom, som förekommer i växten i två reversibla former. Fytokrom fungerar bl a som en ljusdetektor som känner när fröna är nära markytan och kan därigenom hindra frön på för stort djup från att gro i situationer där de svaga groddplantorna skulle ha små möjligheter att överleva (Frankland & Taylorson, 1983).

Hos svällda frön i mörker är fytokromet i sin fysiologiskt inaktiva form,  $P_r$ , och kan inte bryta frövilan. Exponeras fröet för ljus absorberar pigmentet rött ljus (ca 665 nm) och omvandlas till sin aktiva form,  $P_{fr}$ , och frövilan bryts om övriga förutsättningar för groning är uppfyllda. Utsätts sedan mycket snart  $P_{fr}$  för mörkrött ljus (ca 735nm) reverseras förloppet så att jämvikten åter förskjuts åt den inaktiva formen av pigmentet och fröet gror inte (Bewley & Black, 1982).

Fytokromsystemet påverkas även av andra faktorer än ljus. Hög temperatur minskar  $P_{fr}$ -koncentrationen i vissa frö genom att i huvudsak öka reversionen till den inaktiva formen,  $P_r$ . I vilken omfattning temperaturen påverkar ombildningsförloppet av fytokrom och vilka andra samverkande faktorer som inverkar på det är inte känt (Salisbury & Ross, 1985).

Forskarna är eniga om att reversionen av  $P_{fr}$  med hjälp av mörkrött ljus kräver mer energi än vad som behövs av rött ljus för att omvandla fytokromet till  $P_{fr}$  (Bewley & Black, 1982; Salisbury & Ross, 1985). Det är dock oklart hur mycket energi som krävs för ombildning av  $P_r$  och  $P_{fr}$ . Bewley & Black (1982) menar att energinivån för att sallatsfrö (*Lactuca sativa*) ska groningsinduceras är ca  $10 \text{ J m}^{-2}$  och ett värde typiskt för många fröer vars vila upphävs av en dos rött ljus. I naturen uppnås denna energimängd genom en exponering under 0.2 s i direkt solljus på sommaren. För att upphäva den groningsstimulerande effekten av det röda ljuset och hämma 50% av groningen i sallatsfrö, ett fröslag som ofta används i dessa sammanhang, krävs i storleksordningen  $600 \text{ J m}^{-2}$  av mörkrött ljus. Litteraturen lämnar ingen uppgift om exponeringstiden, men i laboratorieförsök exponeras fröet vanligtvis under flera minuter. När fröet har exponerats för mörkrött ljus och därför går in i en sekundär frövila krävs det ungefär tusen gånger högre energi att åter bryta denna, dvs  $10 \text{ kJ m}^{-2}$  (Bewley & Black, 1982).

Enligt Salisbury & Ross (1985) kan energinivåerna som krävs för att reversera fytokromet hos sallatsfrö även gälla för många andra arter. 100% groningsstimulans av sallatsfrö med rött ljus erhålls av  $100 \text{ J m}^{-2}$  medan det krävs minst etthundra gånger mer energi för att reversera förloppet och hämma groningen hos alla fröna. En förklaring till att det behövs mycket högre energinivå av mörkrött ljus för att reversera fytokromet är att  $P_{fr}$  är mindre mottagligt för ljus än  $P_r$ . För flertalet frö, t ex svinmålla (*Chenopodium album*), gäller dessutom att frö med tjockt skal kräver högre mängd energi än de med tunnare. Fröskalets egenskaper påverkas av moderplantans växtplats (Bewley & Black, 1982).

Det råder olika uppfattningar om under vilken ljusnivå jordbearbetningen måste utföras för att ljuskänsliga frö inte ska stimuleras att gro. Hartmann och Nezadal (1990) har beräknat att jorden kan bearbetas under 5 s i månskensljus (fotoner /  $\text{m}^2 < 0.002 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) utan att ljuskänsliga ogräsfrön ljusstimuleras. Denna ljusnivå är ca en miljon gånger lägre än maximalt solljus en klar sommardag och uppnås, enligt Hartmann & Nezadal (1990), normalt tidigast mellan en timme efter solens nedgång och senast en timme före soluppgång. För att groningen ska vara på samma nivå som då bearbetningen sker i totalt mörker, menar Jensen (1991) att fotonflödet måste vara under  $0.2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Fotoner av korta våglängder innehåller mer energi än de av långa våglängder, dvs rött ljus (ca 665 nm) är energirikare än mörkrött ljus (ca 735 nm). I fullt solljus, vid ett fotonflöde på omkring  $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , kan exponeringstider på någon tusendels sekund vara tillräckliga för att medföra groning hos de mest ljuskänsliga fröna (Scopel *et al.*, 1991). Den spektrala energifördelningen av ljuset avgör vilket fotonflöde som krävs för att fytokromets aktiva form,  $P_{fr}$ , skall bildas. Skymnings- respektive gryningsljus har relativt sett högre andel mörkrött ljus än solljus dagtid. Därför är denna ljuskvalitet mindre effektiv att höja  $P_{fr}$ -koncentrationen och därmed inducera groning (Hartmann & Nezadal, 1990).

Genom att öka den vid harvningen naturligt förekommande andelen mörkrött ljus i förhållande till andelen rött ljus under övertäckningen kan ogräsens groning eventuellt hämmas ytterligare (E. Tillberg, Professor, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, pers. medd., 1992). För att undersöka den praktiska betydelsen av tillskottsbelysning för jordbruket görs en överslagsberäkning med tidigare refererade uppgifter som underlag.

Det mörkröda tillskottsljuset ska balansera eventuellt läckage av dagsljus under övertäckningen. Då hänsyn tas till harvarnas konstruktion och körhastigheten i försöken är det möjligt att tillräcklig mängd dagsljus når fröerna för att groningsstimulera dem. Exponeringstiden ogräsen utsätts för mörkrött ljus under harvens övertäckning i fält, då fröerna är ovan jord vid harvningen, uppskattar jag till en tiondels sekund. För att  $P_r$  ska överväga i fröets fytokromjämvikt och groningsinduceringen upphävas hos halva frömängden måste fröet belysas med ca  $6 \text{ kW m}^{-2}$  mörkrött ljus [ $600 \text{ J m}^{-2} \div 0.1 \text{ s}$ ]. Önskar man upphäva groningsinduceringen hos hela frömängden krävs på samma sätt  $100 \text{ kW m}^{-2}$ . Om exponeringstiden anges till en hundradels sekund istället för en tiondels sekund ökar effekten med en faktor tio. Utgår jag sedan från  $6 \text{ kW m}^{-2}$  kan ljuskällan behöva utgöras av 740 stycken  $100 \text{ W}$  glödlampor per  $\text{m}^2$ , dvs en total effekt på  $74 \text{ kW m}^{-2}$  om ljusutbytet från dem i våglängdsområdet 700-850 nm är 8 %. En effekt totalt omöjlig att erhålla med dagens teknik.

## Tidigare erfarenheter av jordbearbetning i mörker

Från Tyskland rapporterar Hartmann & Nezadal (1990) om sju års erfarenhet av jordbearbetning i mörker. I fältförsök utfördes plöjning och två senare harvningar antingen på natten eller i dagsljus. Där jordbearbetningen gjordes på natten minskade uppkomsten så att endast 2 % av jordytan var ogräsbevuxen, medan ogräsen täckte ca 80 % av markytan där jordbearbetningen utfördes i dagsljus. Flera fröogräs minskade kraftigt, t ex snärjmåra (*Galium aparine*), kamomill (*Matricaria chamomilla*), penningört (*Thlaspi arvense*) och trädgårdsveronika (*Veronica persica*). Vissa rotogräs ökade i omfattning, t ex kvickrot (*Elymus repens*) och åkerfräken (*Equisetum arvense*), som följd av minskad konkurrens från fröogräsen.

I andra försök i Tyskland och i USA blev uppkomsten av ogräs ca 60% lägre efter jordbearbetning och sådd på natten, jämfört med vårbruk på dagen (Kühbauch *et al.*, 1992; Gerhards, 1993). Ogräsarter vars uppkomst reducerades starkt (över 60%) av att arbetet utfördes på natten var lomme (*Capsella bursa-pastoris*), penningört (*Thlaspi arvense*) och svinmålla (*Chenopodium album*). Arter som reducerades medelstarkt (40-50%) var våtarv (*Stellaria media*) och plister (*Lamium spp.*), medan åkertistel (*Cirsium arvense*) och åkerbinda (*Polygonum convolvulus*) påverkades svagt (under 25%).

I Danmark visade Jensen (1991, 1992) att jordbearbetning i mörker minskade antalet ogräs och att uppkomsten blev fördröjd, jämfört med samma bearbetning på dagen. Minskningen av uppkomsten varierade mellan 15 och 40% i olika försök. I ett försök uppmättes stor minskning av etternässla (*Urtica urens*), våtarv (*Stellaria media*), svinmålla (*Chenopodium album*) och vitgröe (*Poa annua*). Däremot erhölls svag effekt på baldersbrå (*Matricaria indora*), som annars är känd för att vara ljusgroende (Jensen, 1991). I ett annat försök i vårkorn minskade uppkomsten totalt med 30% (Jensen, 1992) och följande arter reducerades mer än medeltalet: gullkrage (*Chrysanthemum segetum*), åkerförgätmigej (*Myosotis arvensis*), åkersenap (*Sinapis arvensis*) och rödplister (*Lamium purpureum*). Arter som minskade mindre än medeltalet var våtarv (*Stellaria media*), åkerviol (*Viola arvensis*), svinmålla (*Chenopodium album*), åkerbinda (*Polygonum convolvulus*), åkerpilört (*Polygonum persicaria*), baldersbrå (*Matricaria indora*) och lomme (*Capsella bursa-pastoris*). I de danska försöken av Jensen (1991;1992) användes lamporna fram på traktorn utan att detta ansågs påverka ljusmängden vid harven.

I ett försök på Alnarp blev uppkomsten av ogräs totalt 40% lägre efter harvningen på natten, jämfört med harvning på dagen (Ascard, 1992). Den dominerande arten åkerviol (*Viola arvensis*) minskade med ca 60%, medan antalet baldersbrå (*Matricaria indora*) och svinmålla (*Chenopodium album*) minskade med ca 20%. Åkerbinda (*Polygonum convolvulus*) påverkades inte av harvningstidpunkten. I ett liknande försök i mellersta Norge (62°55'N, 8°13'Ö) visade Andersen (1992) att harvning på natten reducerade uppkomsten av ogräs med totalt 37% jämfört med harvning på dagen och uppkomsten försenades. De dominerande arterna våtarv (*Stellaria media*) minskade med 36% och vitgröe (*Poa annua*) med 46%, medan antalet pipdån (*Galeopsis tetrahit*) var 21% lägre.

Till skillnad från dessa positiva resultat har mindre lovande resultat redovisats från mellersta Europa. I England uppmätte Hopkinson (1992) 20% färre ogräs efter harvning och sådd av sockerbetor på natten jämfört med om momenten utförts på dagen. I Schweiz fick Dirauer (1992) ca 20% lägre uppkomst av ogräs efter jordbearbetning på natten. Utfördes både jordbearbetning och sådd efter solnedgång erhölls ogräsreduktioner på drygt 30% (Dirauer, 1992; Freiburghaus & Häni, 1993). Flera fältförsök i Holland och i USA gav nästan ingen minskning av uppkomsten, vilket dock kunde förklaras av torr väderlek (Post, 1992; Gerhards, 1993).

Hartmann & Nezadal (1990) presenterade frågeställningen om det går att förbättra mörkerharvningens effekt eller minska ljusnivån vid jordbearbetningen genom att använda redskap utrustade med ljusstät övertäckning. Ett fältförsök med jordbearbetning i dagsljus med övertäckt redskap gav dock nedslående resultat (Kaufmann, 1993), vilket dock kan bero på att ogräsfröna ljusstimulerades vid en harvning i månljus endast en vecka före försöksbehandlingarna.

I Alnarp i Sverige har fältförsök med övertäckta jordbearbetningsredskap utförts under 1992. Försöken visade att uppkomsten av ogräs minskade när ljuset utestängdes under jordbearbetning på dagen (Ascard & Holmqvist, 1993; Ascard, 1994). Internationellt sett är detta de första framgångsrika resultaten. Den totala uppkomsten av ogräs minskade i ett försök utfört i juli med drygt 60% då dagsljuset utestängdes vid jordbearbetning av en ljusstät kåpa över harven, jämfört med vanlig harvning på dagen. Den dominerande arten våtarv (*Stellaria media*) minskade med 77% och även uppkomsten av åkerviol (*Viola arvensis*), raps (*Brassica napus*) och övriga ogräs tenderade att minska. I ett annat liknande försök på hösten minskade ogräset totalt med 14%. Ogräsfloran dominerades där av murgrönsveronica (*Veronica hederifolia*), penningört (*Thlaspi arvense*) och rödplister (*Lamium purpureum*).

Gerhards (1993) visade i flera fältförsök att ogräsens täckningsgrad inte översteg bekämpningsströskeln, dvs den nivå då bekämpning inte längre är ekonomiskt motiverad, i vinter- respektive vårkorn då jordbearbetning och sådd utfördes på natten. Det är dock inte alltid så att en viss minskning av ogräsuppkomst ger motsvarande minskning av herbiciddosen. En opublicerad svensk undersökning i vårkorn (E. Nilsson, Lantbrukskonsulent, Länsstyrelsen, Malmö, pers. medd., 1992) visade att herbiciddosen endast kunde sänkas med 10 % trots att ogräsuppkomsten minskade med 60 % efter jordbearbetning i mörker. Förekomsten av åkerviol (*Viola arvensis*) var dock under bekämpningsströskeln.

Erfarenheterna av jordbearbetning och sådd i mörker visar alltså en stor variation; från nästan ingen effekt alls till mycket god effekt (över 60%). Variationerna i resultaten kan bero på att även andra miljöfaktorer än ljus påverkar groningen i fält. Exempel på sådana faktorer är t ex jordens temperatur, fuktighet och nitratinnehåll (Frankland & Taylorson, 1983; Post, 1992) men det är även möjligt att ljusets effekt på groningen varierar inom en art beroende på plantans ursprung. Frön från plantor, t ex svinmålla (*Chenopodium album*), som vuxit under långdagsförhållanden har en mer svårbruten frövilä än frön från plantor som vuxit vid kort dag (Karssen, 1970). Ljusets spektrala fördelning på växtplatsen kan också påverka mognande frö. Om frö mognar under ett skuggande växttäck som transmitterar hög andel mörkrött ljus (ca 735 nm) i förhållande till rött ljus (ca 665 nm) behöver de sedan direkt solljus (rött ljus) för att bilda tillräckligt med den aktiva formen av fytokrom,  $P_{fr}$ , för att gro (Salisbury & Ross, 1985). Det är vanligt att det finns cykliska förändringar av frövilan associerade med temperaturförändringar på induceringen och brytningen av sekundära frövilor. groningen hos en del ljusberoende frö stimuleras av temperaturfluktuationer, vars syfte är att frön endast ska gro på årstider och markdjup fördelaktiga för deras överlevnad. Känsligheten för ljuspåverkan av fytokromjämvikten ökar med fröets vattenhalt. Är fröna torra (vattenhalt 6-8%) påverkas de inte alls av ljus. Vid en vattenhalt mellan 15 och 20% kan fullständig reversibilitet uppträda trots att vattenhalten är betydligt lägre än gröningsoptimum. Vissa kemikalier, t ex nitrat, kan inducera groningen hos ljusberoende frö. Blir nitratkoncentrationen för hög kan dock groningen istället hämmas (Frankland & Taylorson, 1983).

Enligt litteraturuppgifter refererade av Ascard (1994) kan man förvänta sig störst effekt av jordbearbetning i mörker på ogräsuppkomsten på nordliga breddgrader i fuktig jord med lågt kväveinnehåll och hög andel småfröiga ogräsarter i floran (Ascard, 1994). Tyvärr är detta inte en välgrundad slutsats utan snarare ett antagande då den tillämpade forskningen på fotokontroll av ogräset fortfarande är begränsad.

## MATERIAL OCH METODER

Totalt två försök utfördes under hösten 1993 på fält utan grödor på Alnarps egendom (55°39'N, 13°05'Ö) där jordarten var moränlättilera.

### Försök 1

Försöksfältet, som ingick i en stråsädesdominerad växtföljd, låg i träda under denna säsong. Fältet hade harvats i dagsljus tre till fyra gånger under våren och sommaren och senaste bearbetning gjordes ca två månader innan försöket. Försöket utfördes som ett randomiserat blockförsök med fem upprepningar där varje parcell var 60 m lång och 3 m bred. Varje parcell harvades två gånger omedelbart efter varandra för att efterlikna en normal såbäddsberedning. Bearbetningarna utfördes med en tre meter bred såbäddsharv av märket Lille Harrie med harvdjup 4-5 cm. Harven var 3 m lång och körhastigheten 5 km/h, vilket innebar att fröna vid harvning utan övertäckning exponerades för ljus i högst 2.2 s. Harven var försedd med en löstagbar enklare övertäckning, vilken utgjordes av en grön presenning (Jonsered, 650 g m<sup>-2</sup>). Presenningen var endast löst fäst i harven och hängde fritt mot markytan (figur 1). Detta gav visst ljusläckage under drift eftersom marken var ojämn.



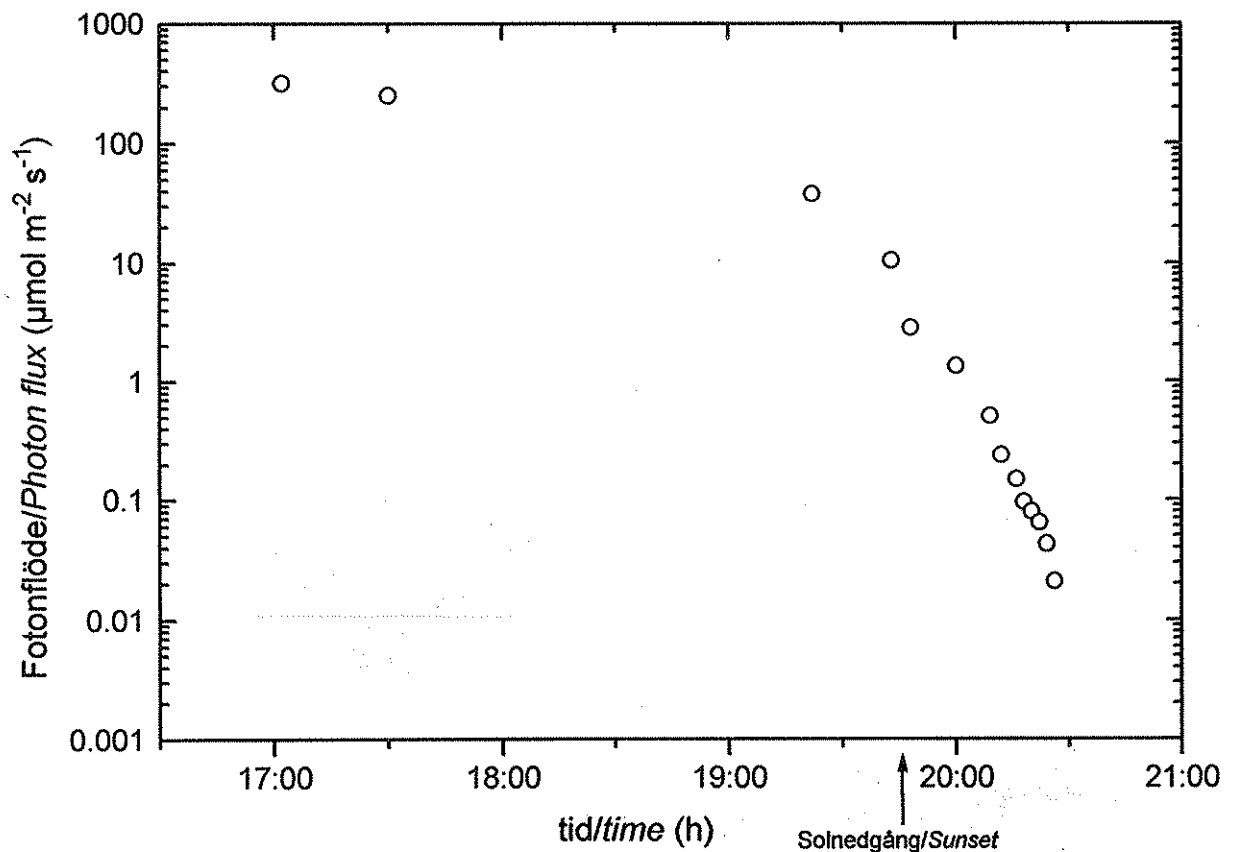
Figur 1. Lille Harrie såbäddsharv med övertäckning av presenning (Jonsered, 650 g m<sup>-2</sup>).  
*Figure 1. The Lille Harrie seedbed cultivator with tarpaulin (Jonsered, 650 g m<sup>-2</sup>).*



Försöksbehandlingarna gjordes den 7 september 1993 vid tre tidpunkter; på eftermiddagen, vid skymning och på natten. På dagen och i skymningen bearbetades både med och utan övertäckning. För att minimera ljusspill, från trafik och gatubelysning, utfördes nattharvningen med övertäckning. Före varje behandling mättes ljusnivån under övertäckningen. Mätutrustningen placerades ca 20 cm över marknivå på fem ställen utefter en linje tvärs korraktionen framför ribbvält och efterharv och ett medelvärde beräknades. Omgivningens instrålning mättes kontinuerligt från första behandling i dagsljus till sista behandling på natten (figur 2, tabell 1).

Stor vikt lades vid att respektive behandling utfördes inom kortast möjliga tidsrymd för att få likartade ljusförhållanden i de olika blocken. Tiden har störst betydelse vid skymningsbehandlingen eftersom ljusmängden då ändras snabbast.

Fältet låg orört efter behandlingen, i en dryg månad varefter totalantalet ogräs uppkomna efter bearbetningen räknades på tio ytor á 0.25 m<sup>2</sup> på 7 m avstånd längs varje parcells mittlinje. Dessutom bedömdes uppkomsttidpunkten i de olika parcellerna visuellt. Försöket räknades endast en gång och ingen artbestämning av ogräset gjordes eftersom ogräsförekomsten var låg.

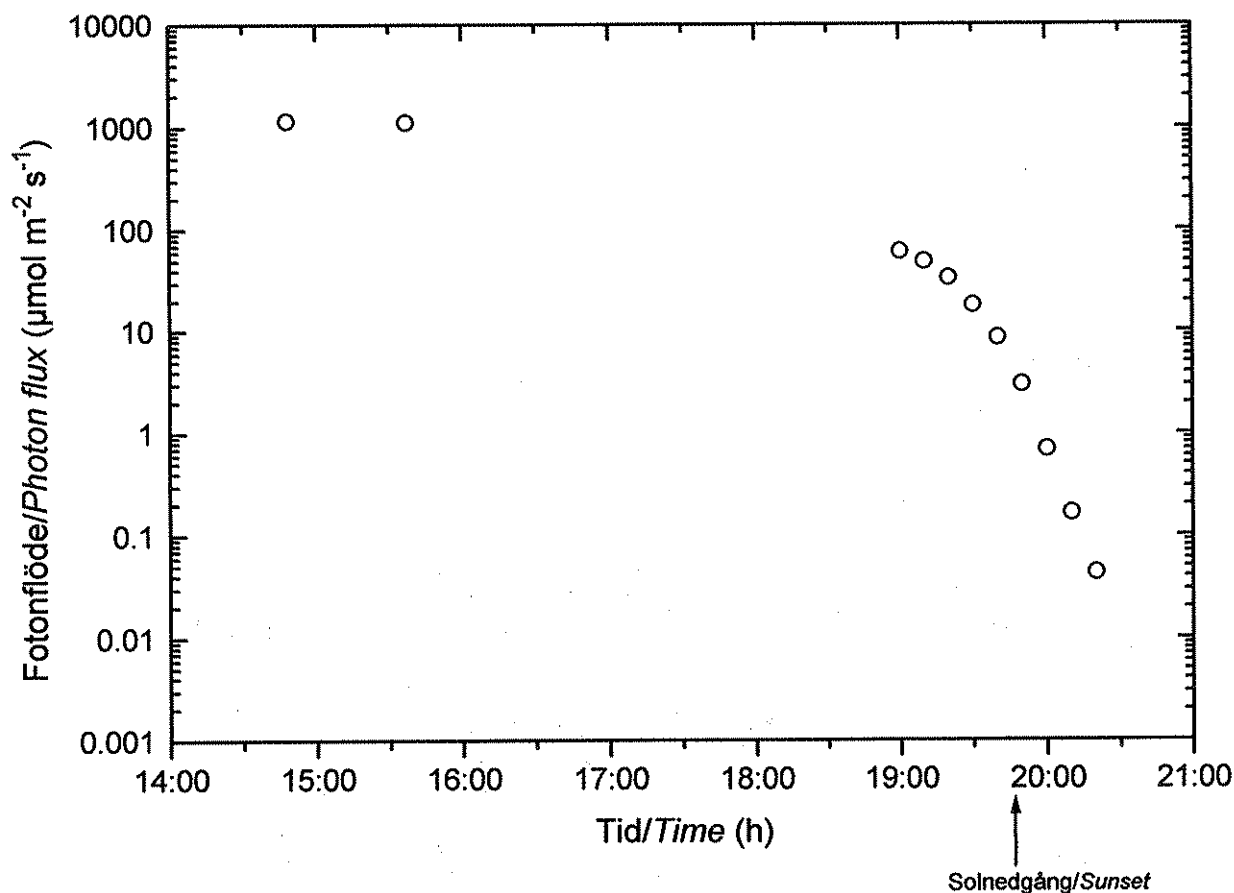


Figur 2. Omgivningens instrålning (400-700 nm) 7 sept 1993, uppmätt på fält utan gröda kontinuerligt från första till sista behandlingstidpunkt.

Figure 2. Insolation between 400-700 nm on the 7 Sept. 1993 measured continuously on a field without a crop from the first to the last occasion of treatment.

## Försök 2

Det andra försöket lades också upp som ett randomiserat blockförsök men med fyra upprepningar. Parcellerna var ca 40 m långa och 1.1 m breda (en harvbredd). Till försöket användes en flerårig dåligt skött träda, som hade harvats sista gången ca två månader före försöksbehandlingen och ytterligare två till tre gånger tidigare under säsongen. Fältet harvades den 8 september 1993 vid tre tidpunkter på dygnet; på eftermiddagen, i skymningen samt på natten. På dagen och i skymningen harvades både med och utan övertäckning. För att minimera ljusspill, från trafik och gatubelysning, utfördes nattharvningen med övertäckning. Innan varje behandling mättes ljusnivån under övertäckningen. Apparaturen placerades framför den bakre ribbvälten på harven och ett medelvärde beräknades av tre mätningar. Omgivningens instrålning mättes kontinuerligt under behandlingen från första behandling i dagsljus till sista behandling på natten (figur 3, tabell 2).



Figur 3. Omgivningens instrålning (400-700 nm) 8 sept 1993, uppmätt på fält utan gröda kontinuerligt från första till sista behandlingstidpunkt.

Figure 3. Insolation between 400-700 nm on the 8 Sept. 1993 measured continuously on a field without a crop from the first to the last occasion of treatment.

I försöket användes en 1.1 m bred sektion av en prototyp till Kongskilde Germinator såbäddsharv med specialbyggd ram för övertäckningen (figur 4). Övertäckningen var omsorgsfullt utformad av två lager svart fiberduk, Pora 73, som spändes över ramen (figur 5). För att hindra ljusläckage användes ljus-slussar bestående av flera skikt fiberduk, vilka var fästa i skenor som följde markytan. Harven och den ljustäta övertäckningen har använts i tidigare undersökningar på Alnarp (Ascard & Holmqvist, 1993; Ascard, 1994). För att efterlikna normal såbäddsberedning bearbetades varje parcell, till ett djup av ca 5 cm, två gånger omedelbart efter varandra. Harven var 2.1 m lång och körhastigheten 4 km/h, vilket innebar att vid bearbetningen utan övertäckning exponerades fröna för ljus i högst 1.9 s. Försöket låg sedan orört i en månad. Under tiden fram till första avläsningen gjordes dock en visuell besiktning av fältet med avseende på groningstidpunkt. Totala antalet ettåriga ogräs, uppkomna efter jordbearbetningen, räknades både en och två månader efter harvningen på sex ytor á 0.25 m<sup>2</sup> på 5 m avstånd längs varje parcells mittlinje. Två månader efter harvningen artbestämdes även fröogräsen på samma ytor som vid första avläsningen.



Figur 4. Kongskilde Germinator såbäddsharv.  
*Figure 4. The Kongskilde Germinator seedbed cultivator.*



Figur 5. Kongskilde Germinator såbäddsharv med ljuslöst övertäckning.  
 Figure 5. The Kongskilde Germinator seedbed cultivator with light-proof cover.

## Statistiska analyser

Resultaten analyserades med variansanalys och medeltalen jämfördes med LSD-test.

## Ljusbearbetningsutrustning

Eftersom syftet med fältförsöken var att undersöka ljusets inverkan på ogräsförekomsten var det önskvärt att mäta ljusnivån under bearbetningen. Det fanns dock ingen lämplig utrustning tillgänglig för att kontinuerligt mäta ljuset under drift. Traditionell utrustning för att mäta mycket låga ljusnivåer är nämligen dyr och tål inte den skakiga och dammiga miljön på ett traktordredskap. Därför mättes istället omgivningens kontinuerliga ljusinstrålning och dessutom ljuset under övertäckningen då harven stod stilla (tabell 1, 2 och figur 2, 3).

Mätutrustningen bestod av en spektrometriometer med datainsamlingsenhet (fabrikat LICOR, typ LI-1800). Enligt uppgifter från tillverkaren (D. Morgan, LI-COR Inc, Nebraska, USA, pers. medd., 1993) var ca  $0.2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  den lägsta tillförlitliga gränsen för spektrometriometers känslighet, i området mellan 400 och 700 nm. Denna gräns angavs då mätsignalen borde vara minst tio gånger större än bruset, som var  $0.01 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Ljusnivån mättes inom våglängdsområdet 400-700 nm; stegvis med bandbredden 2 nm (150 värden per mätning). Avläsningarna upprepades tre gånger per mätposition och ett medelvärde bildades av registreringarna för varje våglängd.

Den totala ljusnivån (QI), uttryckt i enheten  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (400-700 nm), kunde erhållas genom att utnyttja en integralfunktion i instrumentets programvara:

$$QI = \frac{1}{Bhc} \int_{\lambda_L}^{\lambda_H} \lambda S(\lambda) d(\lambda),$$

där  $B = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  (Avogadros konstant)

$\lambda$  = våglängd (nm)

$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J s}$  (Planck's konstant)

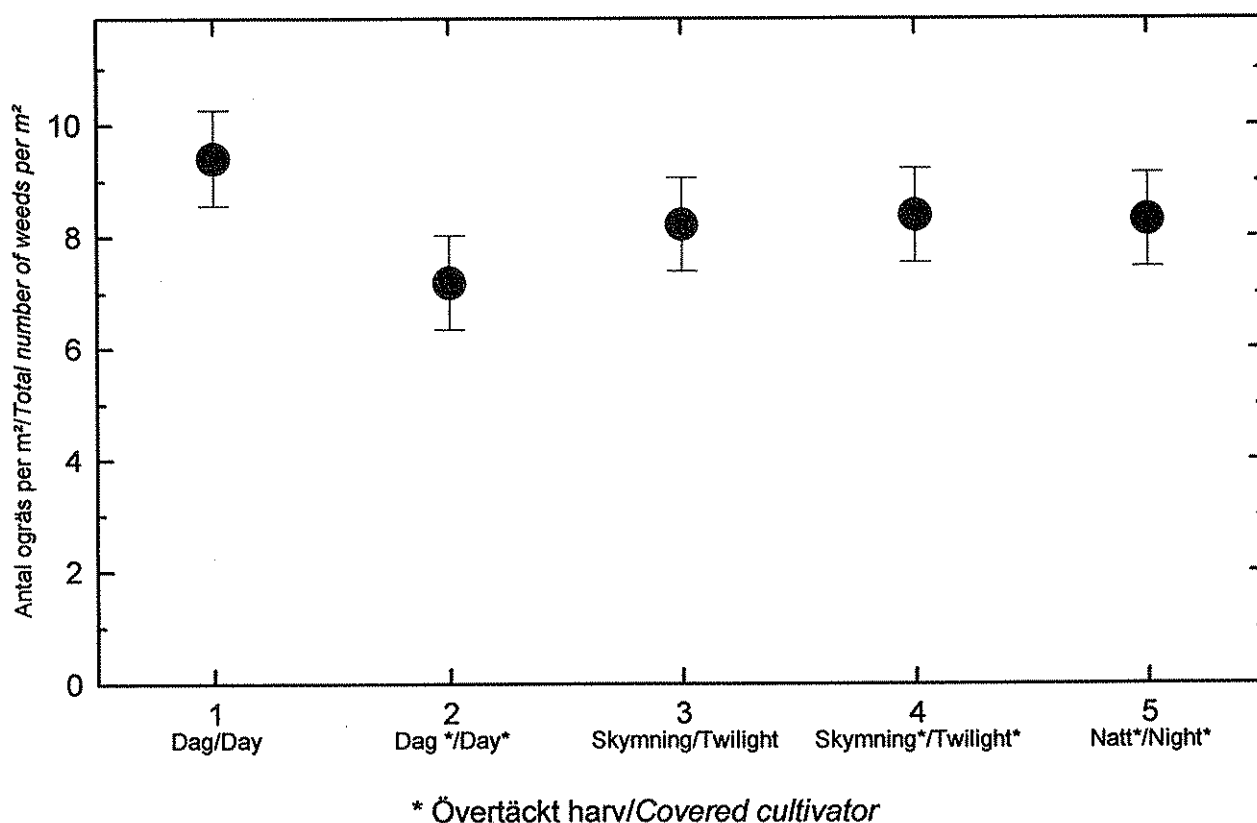
$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  (ljusets hastighet)

$S$  = registrerat mätvärde

## RESULTAT

### Försök 1

I försök 1 fanns inga signifikanta skillnader ( $p > 0.05$ ) i ogräsuppkomsten mellan de olika behandlingarna (figur 6 och tabell 1). Jämförs harvning på dagen utan övertäckning med de tre behandlingarna som utfördes med presenning över harven minskade ogräsuppkomsten med 15% i mörkerharvade parceller, men denna skillnad var inte heller signifikant. Vid den visuella bedömningen noterades ingen försenad uppkomst efter jordbearbetning i mörker mellan de olika behandlingarna. Fältets ogräsflora dominerades av penningört (*Thlaspi arvense*), murgrönsveronica (*Veronica hederifolia*) och rödplister (*Lamium purpureum*). Arterna är relativt storfröiga med respektive tusenkornsvikt på 1,8 g, 3,9 g samt 0,9 g.



Figur 6. Inverkan på uppkomsten av fröogräs två månader efter harvning i september vid olika tidpunkter på dygnet. Datapunkter visar medeltal av fem upprepningar  $\pm$  standardfel.

Figure 6. The effect on weed emergence two months after cultivation (in September) on different occasions. The data show means of four replicates  $\pm$  standard error.

Tabell 1. Antal ogräs uppkomna två månader efter jordbearbetning på olika tider på dygnet med och utan svart fiberduk och uppmätt ljusnivå under harvning. SE anger standardfel (standard error)  
*Table 1. The number of emerged weeds two months after soil cultivation on different occasions with or without light-proof cover on the cultivator, and measured level of light during treatments. SE denotes standard error*

Behandling <i>Treatment</i>	Tidpunkt <i>Time (h)</i>	Fotonflöde <sup>1</sup> <i>Photon flux</i>	Fotonflöde <sup>2</sup> <i>Photon flux</i>	Totalantal ogräs efter 2 månader <i>Total no. of weeds 1 month after treatment</i>
		$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	antal m <sup>2</sup> / no.
Dag med övertäckn. <i>Day with cover</i>	16 <sup>50</sup> - 17 <sup>15</sup>	320	< 0.2*	7.2
Dag utan övertäckn. <i>Day without cover</i>	17 <sup>25</sup> - 17 <sup>35</sup>	250	-	9.4
Skymning med övertäckn. <i>Twilight with cover</i>	19 <sup>48</sup> - 20 <sup>00</sup>	2.8-1.4	< 0.2*	8.4
Skymning utan övertäckn. <i>Twilight without cover</i>	20 <sup>16</sup> - 20 <sup>24</sup>	< 0.2*	-	8.2
Natt med övertäckn. <i>Night with cover</i>	20 <sup>55</sup> - 21	< 0.2*	< 0.2*	8.3
				SE=0,84

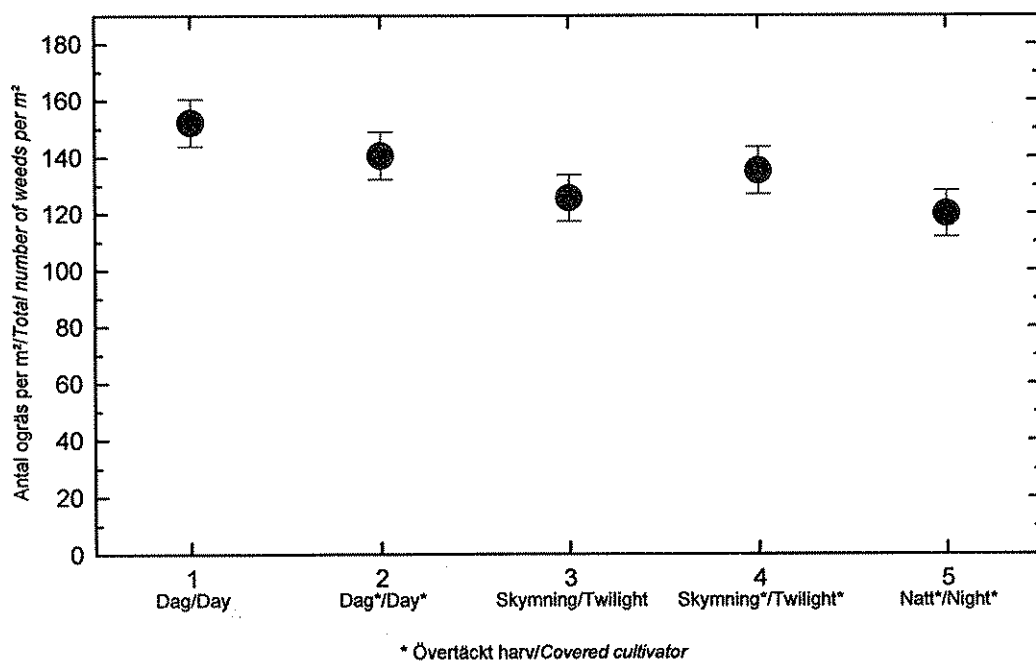
\* under spektorradiometerns detektionsnivå / below the detectionlevel of the spectroradiometer

<sup>1</sup> under "fri" himmel / *under an open sky*

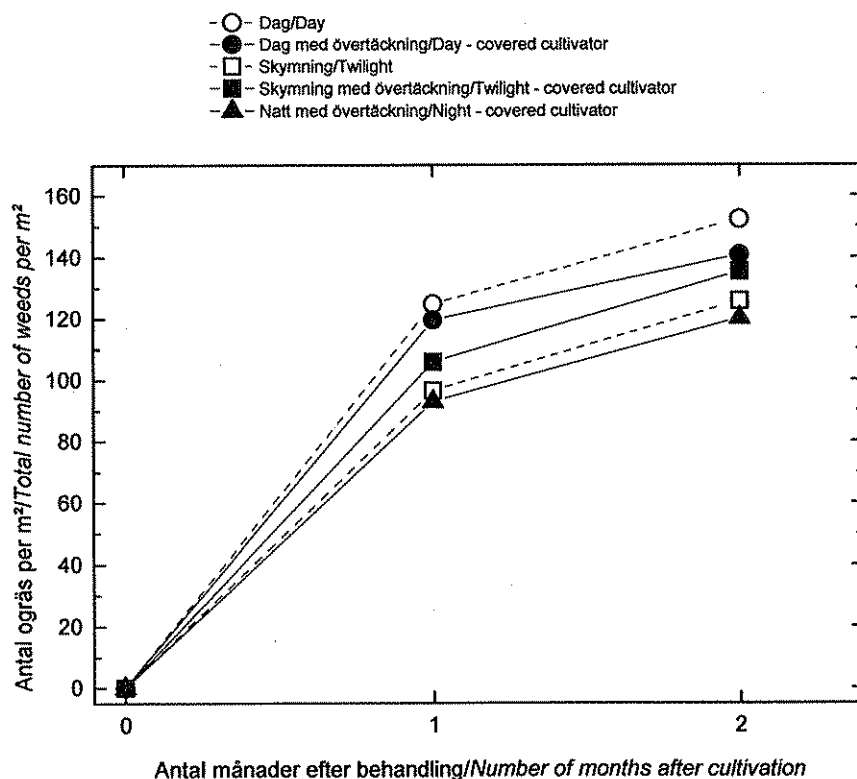
<sup>2</sup> under övertäckningen / *under cover*

## Försök 2

Harvning på natten gav signifikant ( $p < 0.05$ ) lägre uppkomst av ogräs än harvning på dagen utan övertäckning, både en och två månader efter behandlingen (figur 7, 8 och tabell 2). Visuellt bedömdes också att ogräsen grodde senare där harvningarna utfördes nattetid. Vid första avläsningen, en månad efter bearbetningen, var det 25% färre ogräs efter nattharvning jämfört med dagharvning utan övertäckning medan minskningen endast var 20% vid sista avläsningen två månader efter behandling. Skymningsbehandlingen utan övertäckning gav ca 20 % lägre ogräsuppkomst signifikant jämfört med dagsbehandlingen utan övertäckning, både vid första och andra avläsningen. Harvning på dagen med svart fiberduk över harven gav 8% mindre ogräsuppkomst än dagharvning utan övertäckning, men skillnaden var inte signifikant.



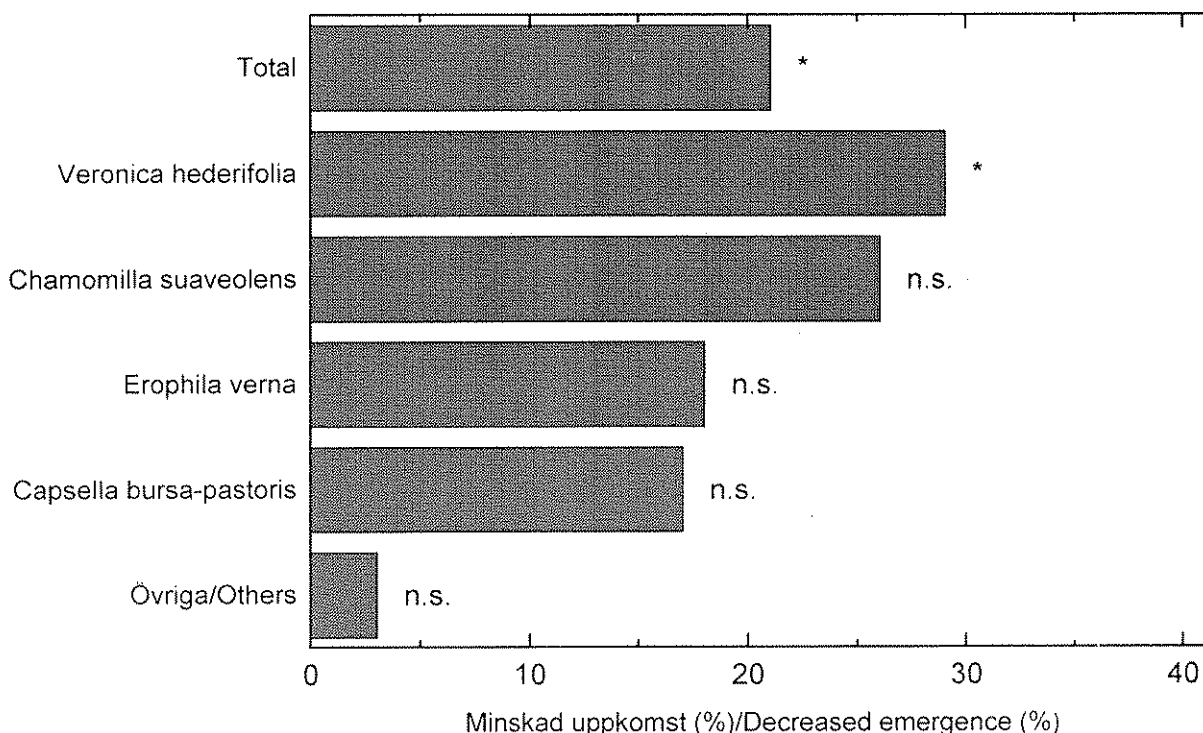
Figur 7. Inverkan på uppkomsten av fröogräs två månader efter harvning i september vid olika tidpunkter på dygnet. Datapunkter visar medeltal av fyra upprepningar  $\pm$  standardfel.  
 Figure 7. The effect on weed emergence two months after cultivation (in September) on different occasions. The data show means of four replicates  $\pm$  standard error.



Figur 8. Inverkan på uppkomsten av fröogräs en och två månader efter harvning i september vid olika tidpunkter på dygnet. Datapunkter visar medeltal av fyra upprepningar.  
 Figure 8. The effect on weed emergence one and two months after cultivation in September on different occasions. The data show means of four replicates.



Den dominerande arten, murgrönsveronica (*Veronica hederifolia*), minskade med 30% då harvningen utfördes nattetid med övertäckning jämfört med om den gjordes på dagen utan övertäckning (figur 9). Harvning på natten med övertäckning minskade även uppkomsten av gatkamomill (*Chamomilla suaveolens*), nagelört (*Erophila verna*) och lomme (*Capsella bursa-pastoris*), men dessa skillnader var inte signifikanta.



Figur 9. Procentuell minskning av ogräs två månader efter harvning nattetid med övertäckning jämfört med harvning på dagen utan övertäckning. Arter; murgrönsveronica, gatkamomill, nagelört och lomme. Symboler; \* = signifikant skillnad ( $p < 0.05$ ), n.s. = ej signifikant skillnad ( $p > 0.05$ ).  
 Figure 9. Decreased emergence of weeds two months after cultivation at night with cover compared with cultivation in the daytime without cover. Symbols; \* = significant, n.s. = not significant.

Tabell 2. Antal uppkomna ogräs en respektive två månader efter jordbearbetning på olika tider på dygnet med och utan presenning och uppmätt ljusnivå under harvning. SE anger standardfel (standard error).  
 Table 2. The number of emerged weeds one and two months after soil cultivation on different occasions with or without a tarpaulin cover on the cultivator, and level of light measured during treatments. SE denotes standard error.

Behandling Treatment	Tidpunkt Time (h)	Fotonflöde <sup>1</sup> Photonflux  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Fotonflöde <sup>2</sup> Photonflux  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Totalantal ogräs efter 1 månad Total no. of weeds 1 month aftertreatment antal m <sup>2</sup> no.	Totalantal ogräs efter 2 månader Total no. of weeds 2 month after treatment antal m <sup>2</sup> no.
Dag med övertäckn. Day with cover	14 <sup>37</sup> - 15 <sup>00</sup>	1170	< 0.2*	120	141
Dag utan övertäckn. Day without cover	15 <sup>30</sup> - 15 <sup>45</sup>	1130	-	125	152
Skymning med övertäckn. Twilight with cover	19 <sup>18</sup> - 19 <sup>30</sup>	34.2-18.2	< 0.2*	106	135
Skymning utan övertäckn. Twilight without cover	19 <sup>40</sup> - 19 <sup>50</sup>	8.7-3.0	-	97	126
Natt med övertäckn. Night with cover	20 <sup>55</sup> - 21 <sup>10</sup>	< 0.2*	< 0.2*	93	120
				SE=7,0	SE=8,3

\* Under spektroradiometerns detektionsnivå / Below the detectionlevel of the spectroradiometer

<sup>1</sup> Under "fri" himmel / Under an open sky

<sup>2</sup> Under övertäckningen / Under cover

## DISKUSSION

### Försök 1

Det totala antalet ogräs minskade i behandlingarna utförda med övertäckt harv jämfört med bearbetning i dagsljus utan presenning. Att behandlingarna inte var signifikant åtskilda beror troligen på en rad samverkande faktorer. En orsak kan vara att det fanns mindre än 10 ogräsplantor per m<sup>2</sup>, och att dessa var ojämnt fördelade. Vid avläsningen påverkade därför placeringen av ogräsramen i parcellen resultatet avsevärt. En orsak till de små skillnaderna kan vara att försöken utfördes på hösten då effekten av mörkerharvning tycks vara mindre än på våren (Ascard, 1994; K M Hartmann, Prof. Universitet pers. medd. 1993). Uppkomstminskningen av t ex penningört (*Thlaspi arvense*) vid mörkerharvning har varit stor på våren i andra försök (Gerhards, 1993).

### Försök 2

Det blev ingen signifikant skillnad i uppkomst av ogräs genom att avskärma dagsljuset med en ljustät kåpa, gjord av fiberduk, över harven jämfört med harvning i direkt dagsljus. En orsak till den dåliga effekten kan vara att fältet harvades två gånger strax efter varandra. Den sämre effekten av harvningen med övertäckning på dagen och i skymning jämfört med på natten kan bero på att försöket harvades två gånger strax efter varandra. Även om ljuset utestängdes i tillräckligt hög grad under själva jordbearbetningarna kunde ogräsfrön, som hamnade på eller nära markytan efter första harvningen, exponeras för dagsljus innan de åter myllades ner av den andra harvningen.

I tidigare försök har signifikanta skillnader erhållits med samma typ av harv och övertäckning (Ascard & Holmqvist, 1993). Eftersom solinstrålningen var hög då dagbehandlingarna utfördes kunde frö ljusstimuleras att gro då de låg på eller nära markytan mellan de båda harvningarna i högre grad än vid skymnings- och nattbehandlingarna, vilket troligen också skedde. En annan orsak till den dåliga effekten av mörkerbehandlingarna kan ha varit ljusläckage under harvningen, som dock inte kunde registreras.

Där harvningarna gjordes i mörker kunde en fördröjande och hämmande effekt på ogräsuppkomsten utläsas jämfört med harvningarna på dagen med och utan övertäckning. Flest antal ogräs vid första avläsningen fanns där behandlingarna utfördes dagtid (figur 8). Andra avläsningen gjordes på samma ytor som den första, vilket gjorde det möjligt att följa hur antalet ogräs ökade i de olika leden. Efter första avläsningen ökade ogräsförekomsten lika mycket efter alla behandlingarna.

Den lägre uppkomsten efter skymningsbehandlingen utan övertäckning jämfört med den med övertäckning kan vara slumpmässig men även bero på att omgivningens ljusnivå var betydligt lägre vid den senare skymningsbehandlingen utan svart fiberduk (tabell 2). Skymningsbehandlingen med övertäckning utfördes alltså före den utan övertäckning då solen ännu inte hade gått ned. Den högre ljusnivån kan då ha orsakat ljusstimuleringen av ogräsfröna mellan de båda harvningarna.

Ljusnivån under övertäckningen vid stationär mätning var lägre än mätutrustningens detektionsnivå ( $0.2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) vid båda behandlingstidpunkterna.

## SLUTSATSER

### Egna försök

Effekterna av bearbetning i mörker har i dessa försök varit små men ogräsuppkomsten minskade något i båda försöken. I försöket med presenning var ogräsuppkomsten lägre efter harvning dagtid med övertäckning jämfört med nattharvning, skillnaden var dock inte signifikant. I försöket med svart fiberduk indikerade resultaten att en lägre ljusnivå ger lägre uppkomst av ogräs. En orsak till att effekten varierade och var svag är troligen att fältförsöken utfördes på hösten, en årstid då troligen färre ljusberoende frö gror än på våren.

### Mörkrött ljus

Att ytterligare hämma ogräsens groning genom att använda lampor med mörkrött ljus under övertäckningen är troligen svårt att realisera. Tiden som fröna exponeras för ljus vid bearbetningen är mycket kort, jag uppskattar den till ca en tiondels sekund. Lampeffekten som krävs blir därför mycket hög minst  $74 \text{ kW m}^{-2}$ , en effekt praktiskt omöjlig att erhålla med dagens teknik.

### Framtida tillämpningar

Jordbearbetning på natten verkar inte medföra några negativa miljöeffekter, som t ex ökade utsläpp av giftiga ämnen eller ökad åtgång av fossila bränslen. Nackdelen ligger i att arbetstiden förskjuts till dygnets mörka timmar. Detta ger obekväma arbetstider och gör metoden endast användbar för brukare av små enheter eftersom bearbetningen måste göras under en begränsad tid. Att arbeta på dagen med övertäckta redskap löser obehaget med att arbeta nattetid men föraren får problem med justering, underhåll och begränsad uppsikt av redskapet mm. Metoden med att täcka över redskapet kan förmodligen trots svårigheterna bli användbar t ex när jordbearbetning och sådd utförs i samma arbetsmoment under förutsättning att tekniken utvecklas och underlättas.

För att metoden ska få praktisk användning i framtiden krävs att orsakerna till variationerna i dagens resultat och om vi kan påverka resultaten klarläggs genom fortsatt forskning. Försöken bör då utföras på olika årtider och på fält med olika förutsättningar. Överdriven användning av mörkerbearbetning kan leda till att toleranta ogräsarter gynnas, i det här fallet arter som gror oberoende av ljusstimulans. Metoden bör därför användas som en del i en integrerad bekämpningsstrategi och är troligen mest aktuell som sista såbäddsberedning och efterföljande sådd (Hartmann & Nezadal, 1990). Försök i Tyskland och USA har visat att man i flera fall med hjälp av mörkerbearbetning kommit under bekämpningströskeln, den nivå där bekämpning inte längre är ekonomiskt motiverad (Gerhards, 1993). Jordbearbetning i mörker kan även bli intressant där effektiva bekämpningsmetoder saknas och man har problem med ogräsarter med ljusberoende groning. Detta kan vara fallet inte bara i ekologiskt lantbruk utan även i t ex specialodlingar med herbicidresistenta ogräs eller där det saknas godkända herbicider med tillräckligt brett verkningspektrum.

## REFERENSER

- Andersen, J. 1992. Jordbearbeiding i mørke. Redusert/utsatt spiring av ugras ved jordbearbeiding uten lysinduksjon. Norsk senter for økologisk landbruk, Tingvoll Gard, N-6630 Tingvoll. 5 s.
- Ascard, J. 1992. Harva på natten! Ogräsbekämpning genom utnyttjande av ogräsfröns behov av ljusinduktion. 33:e Svenska Växtskyddskonferensen. Ogräs och ogräsbekämpning, s. 219-224.
- Ascard, J. & Holmqvist, M. 1993. Jordbearbetning i mörker minskar uppkomsten av ogräs. 34:e Svenska Växtskyddskonferensen. Ogräs och ogräsbekämpning, s. 103-114.
- Ascard, J. 1994. Soil cultivation in darkness reduced weed emergence. *Acta Horticulture* (i tryck)
- Bewley, J.D. & Black, M. 1982. *Physiology and Biochemistry of seeds*, volym 2, s. 127-140. Berlin: Springer Verlag.
- Dirauer, H. 1992. Nachts säen? Unkrautproblem nicht gelöst. *Landfreund*, Nr. 16, s. 15.
- Frankland, B. & Taylorson, R. 1983. Light control of seed germination. In: Shropshire, W. & Mohr, H. (Ed.). *Photomorphogenesis. Encyklopedia of Plant Physiology*, s. 428-456, New series. Berlin: Springer Verlag.
- Freiburghaus, S. & Häni, F. 1993. Auswirkungen der nächtlichen Bodenbearbeitung auf die Unkrautflora. *Bulletin SGPW/SSA*, Nr. 1, s. 53.
- Gerhards, R. 1993. Alternative Verfahren der Unkrautkontrolle in Wintergetreide mit hilfe digitaler Bildverarbeitung. *Avhandling. Institut für Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, D-5300 Bonn*. 133 s.
- Hartmann, K.M. & Nezadal, W. 1990. Photocontrol of weeds without herbicides. *Naturwissenschaften*, 77, s. 158-163.
- Hopkinson, S. 1992. Can sugar beet be green? *Brittish Sugar Beet Review*, 60 (1), s. 24-26.
- Jensen, P.K. 1991. Udnyttelse af ukrudtsfrø's behov for lysinduktion. 8. Danske Planteværnskonference/Unrudt. *Tidskrift for Planteavl's Specialserie, Beretning nr. S2110*, s. 215-230. ISSN 0109-3142.
- Jensen, P.K. 1992. First Danish experiences with photocontrol of weeds. *Z. Pflkrankh. Pflschutz, Sonderh. XIII*, s. 631-636.
- Karssen, C. M. 1970. The light-promoted germination of the seeds of *Chenopodium album* L. III. Effect of the photoperiod during growth and development of the plants on the dormancy of the produced seeds. *Acta Bot. Neerl.* 19. s. 81-94.
- Kaufmann, T. 1993. Freilandversuche zur photobiologischen Ackerwildkrautregulierung: Nachteinsaat im ökologischen Getreideanbau und Tageslichtversuche mit einer lichtdichten Garegge. Diplomarbeit. Institut für Botanik und Pharmazeutische Biologie der Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg. D-91058 Erlangen.
- Kendrick, R.E. & Frankland, B. 1976. *Studies in Biology* no. 68, *Phytochrome and Plant Growth*, s. 1-25. Southampton: The Camelot Press Ltd.
- Kühbauch, W.; Gerhards, R. & Klümper, H. 1992. Unkräuter durch nächtliche Bodenbearbeitung bekämpfen? *Pflanzenschutz-Praxis*, Nr. 1, s. 13-15.

- Naylor, R.E.L. & Abdalla, A.F. 1982. Variation in germination behavior. *Seed Sci. Techn.*, 10, s. 67-76.
- Post, B.J. 1992. Report workshop "Photocontrol" 4-5 November 1991. (Opublicerad). Weed Science Section-Wageningen Agricultural University, Bornsesteeg 69, NL-6708 PD Wageningen.
- Sauer, J. & Struik, G. 1964. A Possible ecological relation between soil disturbance, light-flash, and seed germination. *Ecology*, 45, s. 884-886.
- Scopel, A.L., Ballaré, C.L. & Sanchez, R.A. 1991. Induction of extreme light sensitivity in buried weed seeds and its role in the perception of soil cultivations. *Plant, Cell Envir.*, 13, s. 287-294.
- Wesson, G. & Wareing, P.F. 1969. The role of light in the germination of naturally occurring populations of buried weed seeds. *J. Exp. Bot.*, 20, s. 402-413.